

Розрахунок обсягу спожитої активної електроенергії у разі
пошкодження засобів обліку в високовольтних мережах

В.В. Момот

ВАТ “Полтаваобленерго”

Обсяги електроенергії (ЕЕ), які підлягають оплаті, мають визначатися відповідно до даних розрахункового обліку ЕЕ про її фактичне споживання згідно правил [1]. Часто виникає ситуація, коли розрахунковий облік тимчасово порушується внаслідок виходу із ладу розрахункових засобів обліку. Оскільки це призводить до комерційних втрат ЕЕ для енергокомпаній, то виникає питання щодо визначення дійсного значення спожитої ЕЕ за період порушення в високовольтних ЕМ.

У разі тимчасового порушення розрахункового обліку ЕЕ не з вини споживача обсяг ЕЕ, за згодою сторін, може бути розрахований постачальником за її середньодобовим обсягом споживання [1]. Слід зазначити, що даний порядок є об’єктивним тоді, коли порушення відбулося по усім трьом фазам одночасно. На даний час в трифазних трипровідних високовольтних ЕМ широко застосовуються, окрім 2-елементних індукційних, ще й 3-елементні електронні лічильники електроенергії (ЛЕ), розглянуті в роботі [2]. Тому виникає питання, чи можна застосовувати корегуючі коефіцієнти $K_{кор}$, розраховані в роботі [3] для 2-елементних індукційних ЛЕ, також і для електронних 3-елементних ЛЕ? Таким чином, постає необхідність як теоретичного, так і практичного дослідження обліку активної ЕЕ вказаними ЛЕ у разі пошкодження схеми обліку.

На рис.1 зображена векторна діаграма, яка відповідає пошкодженню схеми обліку у разі виходу з ладу трансформаторів струму (ТС) окремо по фазі «А» (рис.1,а) та фазі «С» (рис.1,б).

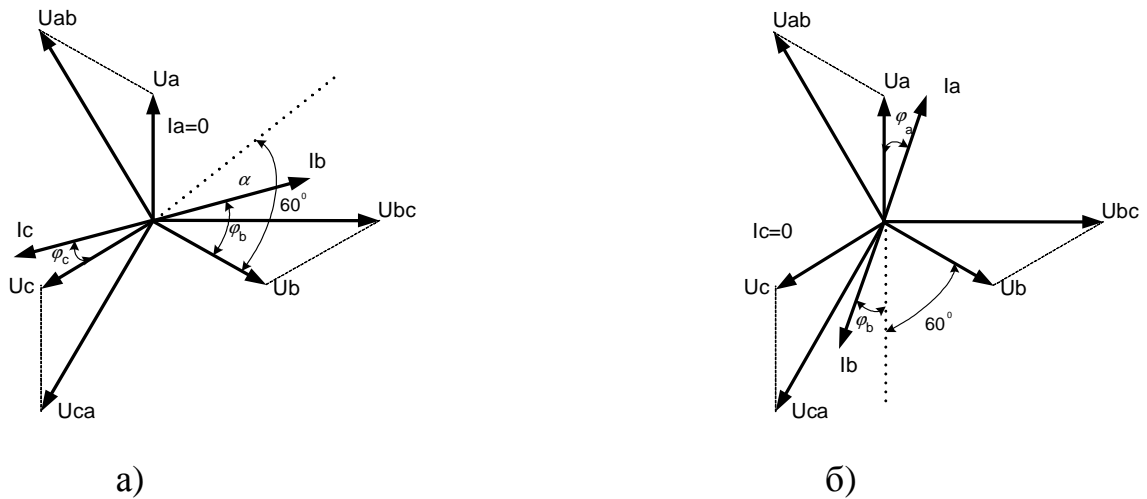


Рис.1. - Експериментально зняті векторні діаграми для триелементного ЛЕ типу NP-03 у разі пошкодження кіл струму схеми обліку.

а – по фазі «А»; б – по фазі «С».

Відповідно до [4] включення 3-елементних ЛЕ в схему обліку, при з'єднанні кіл ТС в «неповну зірку», проводиться шляхом ввімкнення струмового кола середнього елемента ЛЕ на суму струмів фаз «А» та «С» зі зворотною полярністю. Маючи значення потужності трифазної трипровідної зрівноваженої системи до пошкодження схеми обліку та після виявлення факту по-фазного пошкодження засобів обліку, можна визначити коефіцієнт $K_{кор}$ до фактично спожитого обсягу ЕЕ, який був зафіксований засобом обліку за період порушення:

$$K_{кор} = \frac{P_{\Sigma}}{P_{\delta}} = \frac{\sqrt{3} \cdot U_{л} \cdot I_{л} \cdot \cos \varphi_{л}}{U_A \cdot I_A \cdot \cos \varphi_A + U_B \cdot I_B \cdot \cos \varphi_B + U_C \cdot I_C \cdot \cos \varphi_C}, \quad (1)$$

де P_{Σ} – розрахункова потужність трифазної зрівноваженої системи; P_{δ} – значення потужності у разі пошкодження схеми розрахункового обліку; $U_A, U_B, U_C, U_{л}, I_A, I_B, I_C, I_{л}, \varphi_A, \varphi_B, \varphi_C, \varphi_{л}$ – фазні та лінійні значення напруги, струму, та кута між ними для трифазної трипровідної зрівноваженої системи.

Зокрема, значення $K_{кор}$ при пошкодженні ф.«А» становить:

$$\begin{aligned} K_{кор.А} &= \frac{\sqrt{3} \cdot U_{л} \cdot I_{л} \cdot \cos \varphi_{л}}{0 + U_B \cdot I_B \cdot \cos \varphi_B + U_C \cdot I_C \cdot \cos \varphi_C} = \frac{3 \cdot U_{\phi} \cdot I_{\phi} \cdot \cos \varphi_{\phi}}{U_{\phi} \cdot I_{\phi} \cdot (\cos(60^{\circ} - \varphi_B) + \cos \varphi_C)} = \\ &= \frac{3 \cdot \cos \varphi_{\phi}}{(\frac{1}{2} \cdot \cos \varphi_B + \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \sin \varphi_B) + \cos \varphi_C} = \frac{2 \cdot \cos \varphi_{\phi}}{\cos \varphi_{\phi} + \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \sin \varphi_{\phi}} = \frac{2 \cdot \sqrt{3}}{\sqrt{3} + \operatorname{tg} \varphi_{\phi}}, \end{aligned} \quad (2)$$

де φ'' – кут між струмом та напругою у відповідності з фактичним коефіцієнтом потужності споживача в середньому за розрахунковий період.

Аналогічно, при пошкодженні ф.«С»:

$$K_{\text{кор.С}} = \frac{\sqrt{3} \cdot U_{\text{Л}} \cdot I_{\text{Л}} \cdot \cos \varphi_{\text{Л}}}{U_{\text{А}} \cdot I_{\text{А}} \cdot \cos \varphi_{\text{А}} + U_{\text{В}} \cdot I_{\text{В}} \cdot \cos \varphi_{\text{В}} + 0} = \frac{3 \cdot U_{\text{ф}} \cdot I_{\text{ф}} \cdot \cos \varphi_{\text{ф}}}{U_{\text{ф}} \cdot I_{\text{ф}} \cdot (\cos \varphi_{\text{А}} + \cos(60^\circ + \varphi_{\text{В}}))} =$$

$$= \frac{3 \cdot \cos \varphi_{\text{ф}}}{\cos \varphi_{\text{А}} + \left(\frac{1}{2} \cdot \cos \varphi_{\text{В}} - \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \sin \varphi_{\text{В}}\right)} = \frac{2 \cdot \cos \varphi_{\text{ф}}}{\cos \varphi_{\text{ф}} - \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \sin \varphi_{\text{ф}}} = \frac{2 \cdot \sqrt{3}}{\sqrt{3} - \operatorname{tg} \varphi_{\text{ф}}} \quad (3)$$

Для перевірки теоретичних розрахунків була використана модель схеми обліку, що складалася з 2-елементного та 3-елементного ЛЕ типів ЕТ 3А5Е7ULRT та NP-03 відповідно. Для визначення відносної похибки δ обліку активної ЕЕ використаний переносний робочий еталон ZERA MT 310. Результати теоретичних розрахунків та вимірювань наведені в табл.1.

Таблиця 1 - Результати обліку активної ЕЕ у разі порушення схеми обліку

Виконання схеми	Похибка 2-елементного ЛЕ $\delta 2$, %		Похибка 3-елементного ЛЕ $\delta 3$, %		Ккор ЛЕ (2-ел.)	Ккор ЛЕ (3-ел.)
	$\cos \varphi=0,94$	$\cos \varphi=0,7$	$\cos \varphi=0,94$	$\cos \varphi=0,7$		
Без змін	$\frac{0,67}{0,79}$	$\frac{0,73}{0,89}$	$\frac{0,06}{0,11}$	$\frac{0,14}{0,13}$	1	1
Відсутній ІА	$\frac{-36,47}{-35,15}$	$\frac{-17,90}{-17,00}$	$\frac{-37,45}{-36,60}$	$\frac{-17,95}{-16,01}$	$\frac{2\sqrt{3}}{\sqrt{3} + \operatorname{tg} \varphi}$	$\frac{2\sqrt{3}}{\sqrt{3} + \operatorname{tg} \varphi}$
Відсутній ІВ	-	-	$\frac{-32,66}{-32,29}$	$\frac{-32,60}{-32,75}$	-	1,5
Відсутній ІС	$\frac{-62,71}{-62,29}$	$\frac{-83,05}{-81,75}$	$\frac{-62,85}{-64,35}$	$\frac{-81,54}{-80,44}$	$\frac{2\sqrt{3}}{\sqrt{3} - \operatorname{tg} \varphi}$	$\frac{2\sqrt{3}}{\sqrt{3} - \operatorname{tg} \varphi}$
Відсутня UА	$\frac{-36,03}{-35,66}$	$\frac{-18,72}{-18,85}$	$\frac{-49,46}{-47,14}$	$\frac{-49,87}{-45,66}$	$\frac{2\sqrt{3}}{\sqrt{3} + \operatorname{tg} \varphi}$	2*
Відсутня UВ	$\frac{-47,94}{-48,28}$	$\frac{-47,74}{-48,66}$	$\frac{-49,00}{-48,38}$	$\frac{-49,28}{-50,86}$	2	2*
Відсутня UС	$\frac{-63,97}{-64,58}$	$\frac{-84,05}{-84,26}$	$\frac{-51,85}{-52,39}$	$\frac{-51,49}{-51,75}$	$\frac{2\sqrt{3}}{\sqrt{3} - \operatorname{tg} \varphi}$	2*

Примітка: через дріб наведені значення похибок при струмі 14% та 7% від Іном;

«*» - $K_{кор}$ залежить від типу електронного ЛЕ.

Отримані за допомогою теоретичних розрахунків значення $K_{кор}$ для 2- та 3-елементних ЛЕ співпадають одне з одним та з величинами отриманих похибок δ_2 і δ_3 . Слід зазначити, що у випадку відсутності напруги по одній з фаз (за винятком пошкодження по фазі «В») значення δ та $K_{кор}$ для 2-елементних ЛЕ відрізняються від аналогічних значень для 3-елементних ЛЕ (зокрема, для ЛЕ типу NP-03 та ZMD похибка δ_3 становить близько 50%, відповідно $K_{кор}=2$).

Висновки:

- теоретичні розрахунки обсягу недоврахованої ЕЕ у разі пошкодження схеми обліку підтверджуються практичними результатами як для 2-елементних, так і для 3-елементних ЛЕ;
- для визначення дійсного значення спожитої активної ЕЕ у разі пошкодження розрахункового обліку можна застосувати коефіцієнт $K_{кор}$;
- значення коефіцієнту $K_{кор}$ для 3-елементних ЛЕ, у разі пошкодження кіл напруги (окрім напруги середньої фази «В»), відрізняється від аналогічного значення $K_{кор}$ для 2-елементних ЛЕ і залежить від типу ЛЕ;
- вид виконання схеми струмових кіл обліку не впливає на значення обсягу недоврахованої ЕЕ в трифазних трипровідних ЕМ високої напруги, оскільки для 2- та 3-елементних ЛЕ значення коефіцієнта $K_{кор}$ однакові;
- отримані результати досліджень можуть бути використані при розробці методики для вирішення спірного питання між електропередавальною організацією та споживачем щодо визначення обсягу недоврахованої ЕЕ.

ЛІТЕРАТУРА

1. Правила користування електричною енергією. Постанова НКРЕ №28 від 31.07.96р (у редакції постанови НКРЕ від 17.10.2005р. №910).
2. Момот В.В., Рой В.Ф. Особливості обліку електроенергії, спожитої на власні потреби підстанцій// Міжнародний науково-технічний журнал «Світлотехніка та електроенергетика». – 2008. - №1. – С.17-23.
3. Г.П. Минин. Измерение электроэнергии. – М.: Энергия, 1974.-103 с.
4. В.А. Рощин. Схемы включения счетчиков электрической энергии. – М.: Издательство НЦ ЭНАС, 2002.-62 с.

